



# Klima- Realitäts- Check 2020

AUSWIRKUNGEN | RISIKEN | MASSNAHMEN

20 kritische Einsichten,  
Beobachtungen & Erkenntnisse



## **DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN** 02

**Analyse & Bewertung von Bedrohungen**

## **DIE GRÖSSTEN RISIKEN** 32

**Dringlichkeit verstehen**

## **DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN** 40

**Schlüssel-Reaktionen zum Schutz**

## **ZUSAMMENFASSUNG** 52

**Übersicht & Kernpunkte**



**Herausgegeben von:** Breakthrough – National Centre for Climate Restoration

**Projektteam:** David Spratt, Ian Dunlop & Luke Taylor

**Datum der Veröffentlichung der englischen Originalausgabe:** Oktober 2020

Übersetzt mit freundlicher Genehmigung der Autoren von Andreas Pfennig, University of Liège, Belgien, and Scientists for Future Aachen.

Das Recht zur Verbreitung wurde Scientists for Future und A. Pfennig gewährt. Dezember 2020

**Klima-Realitäts-Check 2020 fasst die aktuelle Klimaforschung aus der ganzen Welt zusammen, um 20 kritische Beobachtungen, Einsichten und Erkenntnisse vorzustellen, die zur Information beitragen und die harten Entscheidungen lenken sollen, die jetzt vor uns liegen.**

**Climate Reality Check 2020 is a resource designed to help climate practitioners, advocates, journalists, business leaders and policymakers better understand and address the alarming mismatch between the current climate risks and considerably inadequate level of climate action.**

# AUSWIRKUNGEN UND RISIKEN

## Analyse & Bewertung von Bedrohungen

Wenn wir den gegenwärtigen Weg fortsetzen, „besteht das sehr große Risiko, dass wir unsere Zivilisation einfach auslöschen. Die menschliche Spezies wird zwar irgendwie überleben, aber wir werden fast alles zerstören, was wir in den letzten zweitausend Jahren aufgebaut haben.“

PROF. HANS JOACHIM SCHELLNHUBER  
DIREKTOR EMERITUS DES POTSDAM-INSTITUTS



## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# Die Erderwärmung nähert sich 1,2 °C und beschleunigt sich

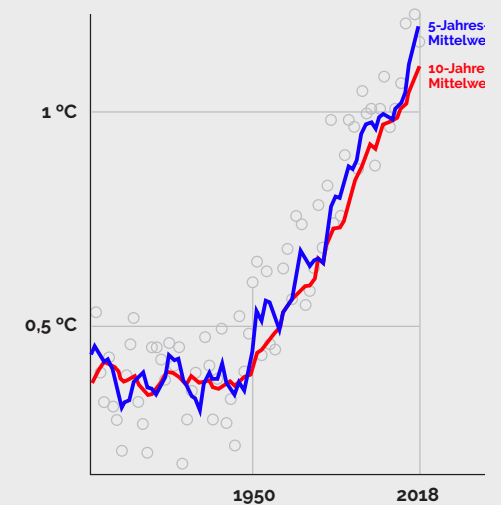
# #1

## Die Geschwindigkeit des Anstiegs der globalen Temperatur nimmt immer mehr zu.

- Die 5-Jahres-Durchschnittstemperatur der Erde in den Jahren 2015-2019 lag 1,16 °C über dem Referenzwert des späten 19. Jahrhunderts.<sup>1</sup>
- Zwei der letzten vier Jahre lagen bei  $\geq 1,2$  °C.
- Heißere Jahre werden normalerweise mit El Niño-Bedingungen in Verbindung gebracht. Es ist bedenklich, dass wir in 2020 unter La Niña-Bedingungen  $>1,2$  °C erreichen könnten.
- Die Erderwärmung hat sich auf etwa 0,25 °C im letzten Jahrzehnt von 2010 bis 2019 beschleunigt.<sup>2</sup> Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Erderwärmung pro Jahrzehnt vor 2010 lag bei  $\leq 0,2$  °C.
- Für die nächsten 25 Jahre wird eine Erderwärmung von 0,25 bis 0,35 °C pro Jahrzehnt vorausgesagt.<sup>3</sup>

Grafik 1

Anstieg der globalen mittleren Temperatur über die Basislinie 1880-1899



Quelle: Berkeley-Earth

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

**Eine Erderwärmung um 1,5 °C bis 2030 ist wahrscheinlich, wird womöglich sogar noch eher auftreten**

#

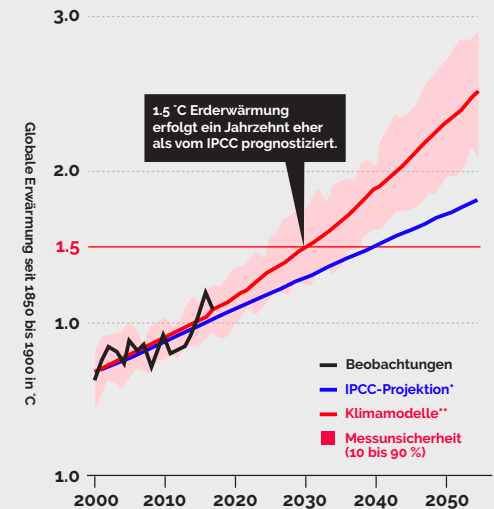
2

**Die Überschreitung der Untergrenze des Pariser Abkommens von 1,5 °C wird wahrscheinlich ein Jahrzehnt früher als in den IPCC-Prognosen erwartet**

- Viele Forschungsarbeiten gehen davon aus, dass eine Erderwärmung von 1,5 °C um 2030 oder früher erreicht wird.<sup>4</sup>
- Ein Vergleich der Ergebnisse der neuesten Generation von Klimamodellen deutet darauf hin, dass 1,5 °C nur noch fünf bis sieben Jahre vor uns liegen könnte (siehe Tabelle 5).<sup>5</sup>
- Das Erreichen von 1,5 °C bis 2030 wäre ein Jahrzehnt früher als vom IPCC prognostiziert.<sup>6</sup>
- Zunehmende Emissionen, sinkende Aerosolkonzentrationen (Luftverschmutzung) und natürliche Klimazyklen werden zu einer schnelleren Erderwärmung beitragen,<sup>7</sup> ebenso wie eine stärkere Schichtung des Ozeans mit einer heißeren Wasserschicht an der Oberfläche, die zu einer schnelleren Erderwärmung beiträgt.<sup>8</sup>

Grafik 2

**Anstieg der globalen mittleren Temperatur über das Niveau von 1880 bis 1899**



Quelle: Nature 564:30-32

\* Trend für 2001 bis 2015 fortgeschrieben mit einer konstanten Geschwindigkeit von 0,2 °C pro Jahrzehnt, gemäß IPCC-Sonderbericht.

\*\* Zehnjahresmittel, 37 Klimamodelle für das RCP8,5-Szenario (IPCC Fifth Assessment Report, 2014).

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

**Die Verringerung der Emissionen allein wird keinen signifikanten Einfluss auf den Trend der Erderwärmung in den nächsten zwei Jahrzehnten haben**

#3

**In dem Maße, in dem der Verbrauch fossiler Brennstoffe abnimmt, werden auch die Aerosolemissionen zurückgehen, die eine gewisse Erderwärmung ausgleichen**

- Ein Nebenprodukt der Verbrennung fossiler Brennstoffe sind Sulfat-Aerosole, die eine stark kühlende Wirkung haben, aber in der Atmosphäre nur kurzlebig sind. Aerosole haben bisher einen Teil der Erderwärmung „maskiert“.<sup>9</sup>
- Der Rückgang des Kohleverbrauchs und die Luftreinhaltepolitik verringern die Auswirkungen von Aerosolen. Dies ist unser „faustischer Handel“<sup>10</sup>: Mit dem Rückgang des Verbrauchs fossiler Brennstoffe geht auch die Kühlung durch Aerosole zurück, so dass in den nächsten zwei Jahrzehnten geringere Emissionen kaum Auswirkungen auf den Trend der Erderwärmung haben werden.
- Eine jährliche Verringerung der Emissionen eines einzigen Treibhausgases um 5 % ab

2020 hat bei einem mittleren Emissionspfad für mehr als zwei Jahrzehnte keine statistisch signifikante Auswirkung auf die Erderwärmung, im Vergleich zu einem Pfad ohne Emissionsverringern (siehe Tabelle 1).<sup>11</sup>

- Dennoch sind rasche Emissionssenkungen unerlässlich, um die Kurve der Erderwärmung abzuflachen.

Tabelle 1

**Jahr, in dem eine Reaktion der globalen Temperatur bei 5 % jährlicher Emissionsreduktion ab 2020 erreicht wird\***

Kohlendioxid	2044
Methan	2055
Distickstoffoxid	2079
Ruß	2048
Organischer Kohlenstoff	2064

**Quelle: Nature Communications 11:3261, Tabelle 3**

\* Jahr, in dem die Reaktion der globalen Temperatur nach Reduzierung einer klimaschädlichen Komponente ab 2020 auftritt, definiert als das Jahr, in dem die Hälfte oder mehr der Ensemblemitglieder signifikant von der Referenz (RCP4.5) nach einem Student's t-Test abweichen.

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

**1,75 bis 2,4 °C  
Erderwärmung  
bei heutigen  
Treibhausgaswerten**

#

**4**

**Höhere Temperaturen werden durch bereits heute in der Atmosphäre vorhandene Treibhausgase entstehen**

- Das Energie-Ungleichgewicht der Erde (earth energy imbalance, EEI) ist das Strahlungs-Ungleichgewicht am oberen Rand der Atmosphäre zwischen ausgehender und eingehender Strahlung, das die globale Erwärmung antreibt.
- Das EEI beträgt heute 0,6 bis 0,75 °C.<sup>12</sup> Addiert man dies zu den 1,15 bis 1,2 °C der bisherigen Erderwärmung, ergibt sich eine erwartete Erderwärmung von 1,75 bis 1,95 °C für das heutige Niveau der Treibhausgase.
- Die gesamte theoretische Erderwärmung bei Beibehaltung des gegenwärtigen Niveaus der Treibhausgase (~490 ppm CO<sub>2</sub>e<sup>13</sup>) beträgt im Gleichgewicht ~2,4 °C.<sup>14</sup>
- Wenn ein umsichtiger Ansatz für das Risikomanagement gewählt wird – wobei eher die Möglichkeiten mit hohem Schadenspotenzial als die mittleren Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt werden – gibt es kein Kohlenstoffbudget mehr für das 2-Grad-Ziel.<sup>15</sup>

DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# 2 °C auf dem derzeitigen Emissionspfad weit vor 2050

#5

## Die Pariser Obergrenze von 2 °C wird wahrscheinlich vor Mitte des Jahrhunderts überschritten

- Ein Vergleich aktueller Klimamodelle zeigt das mittlere Jahr, in dem die Schwellenwerte der Erderwärmung von 1,5 °C, 2 °C, 3 °C, 4 °C und 5 °C für drei Emissionspfade erreicht werden: niedrig, mittel und hoch (siehe Tabelle 2).<sup>16</sup> Mit dem Klimamodell MAGIC werden die Zeitpunkte der Schwellenwerte der Temperatur von 1,5 °C, 2 °C, 2,5 °C und 3 °C mit farbigen Punkten für verschiedene Emissionspfade dargestellt (siehe Grafik 3 nächste Seite).<sup>17</sup> Die bisherige Erderwärmung stimmt mit dem RCP8.5-Pfad für hohe Emissionen überein.
- Der Emissionspfad hat wenig Einfluss auf den Zeitpunkt der 1,5-Grad-Schwelle.
- 2 °C werden sowohl für das hohe als auch für das mittlere Emissionsszenario vor 2050 erreicht.
- Bei einem Szenario mit hohen Emissionen können 3 °C ~2060 und 5 °C vor 2100 erreicht werden.

Tabelle 2

Szenarien der Erderwärmung	niedrig	mittel	hoch
1,5 °C	2026	2027	2025
2 °C	2058	2044	2038
3 °C	N/A	2090	2059
4 °C	N/A	N/A	2076
5 °C	N/A	N/A	2094

Quelle: Tebaldi et al. (2020) Earth System Dynamics, 16. September, Preprint, Tabelle A7

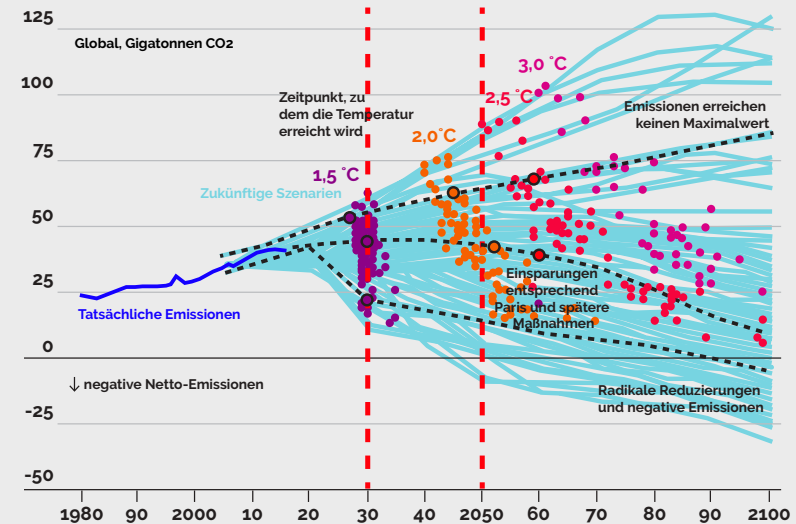


**Der Klima-Notstand entwickelt sich schneller als vorhergesagt. Wir müssen unsere Maßnahmen ehrgeizig und mit Dringlichkeit beschleunigen. Dies ist der Kampf um unser Leben.**

**ANTÓNIO GUTERRES**  
**UN-GENERALSEKRETÄR**

Grafik 3

**Szenarien für zukünftige CO<sub>2</sub>-Emissionen mit drei ausgewählten repräsentativen Pfaden**



Quelle: Glen Peters Grafik von GCP, CDIAC-Daten

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# Das vom IPCC gezeichnete Bild ist zu konservativ

#

6

## Die zukünftigen Auswirkungen auf das Klima werden erheblich unterschätzt

- Bisher schätzen die Klimamodelle, die zur Vorhersage der zukünftigen Erderwärmung und zur Berechnung der Kohlenstoffbudgets in den IPCC-Berichten verwendet werden, eine Erderwärmungs-Sensitivität von  $\sim 3^\circ\text{C}$  bei verdoppeltem  $\text{CO}_2$ .
- Berücksichtigt man Faktoren wie „langsame“ Rückkopplungen (Kohlenstoffspeicher wie Permafrost) und Albedo-Veränderungen (Reflektivität), kann die Erderwärmung sogar 5 bis  $6^\circ\text{C}$  für eine Verdoppelung des  $\text{CO}_2$  für eine Reihe von Klimazuständen zwischen Eiszeit-Bedingungen und eisfreier Antarktis betragen.<sup>18</sup>
- Die zukünftige Erderwärmung wird für hohe Szenarien bis 2100 wahrscheinlich 15 % höher sein ( $\sim 0.5^\circ\text{C}$ ), verglichen mit den bisherigen groben Projektionen der Klimamodelle des IPCC.<sup>19</sup>
- Klimamodelle berücksichtigen die zunehmende Erderwärmung durch den Verlust von arktischem Meereis nicht ausreichend: „Der Verlust der Reflexionskraft des arktischen Meereises wird die 2-Grad-Grenze um 25 Jahre nach vorne verschieben“.<sup>20</sup>

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# 1,5 °C ist kein sicheres Ziel

#

## Lebenswichtige Ökosysteme, darunter das Great Barrier Reef, werden bereits bei einer Erderwärmung von weniger als 1,5 °C verwüstet

- Das Great Barrier Reef befindet sich in einem Teufelskreis: Beim derzeitigen Grad der globalen Erwärmung wird es im Durchschnitt alle drei bis vier Jahre ausbleichen,<sup>21</sup> während die Erholung ein Jahrzehnt oder länger dauert.
- Die Gletscher des Westantarktischen Eisschildes (West Antarctic Ice Shield, WAIS) haben einen Kipp-Punkt überschritten.<sup>22</sup> Die Zieltemperatur des *Pariser Abkommens* von 1,5 °C reicht aus, um den galoppierenden Rückzug des WAIS voranzutreiben.<sup>23</sup>
- Teile der Ostantarktis könnten ähnlich instabil sein.<sup>24</sup>
- Dreiviertel des sommerlichen arktischen Meereises sind bereits verloren gegangen.<sup>25</sup>
- Ein Viertel der Eisdecken des Himalaya und des Tien Shan sind bereits verschwunden.<sup>26</sup>
- Die Waldsysteme wechseln zu Nicht-Wald-Ökosystemen in Ost-, Süd- und Zentral-Amazonien.<sup>27</sup>

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# Erderwärmung um 2 °C ist sehr gefährlich

#8

## Da weitere Kipp-Punkte unmittelbar bevorstehen, führen 2 °C sicher in die Katastrophe

- Weitere Kipp-Punkte könnten bereits bei einer geringen Erderwärmung ausgelöst werden. Eine Häufung von plötzlichen Veränderungen könnte zwischen 1,5 °C und 2 °C auftreten (siehe #10).<sup>28</sup>
- Dazu gehören das Grönländische Inlandeis, das sich nahe an einem Kipp-Punkt befindet,<sup>29</sup> der zuvor auf etwa 1,6° C geschätzt wurde,<sup>30</sup> sowie der Amazonas-Regenwald.<sup>31</sup>
- Es ist ein großer Irrtum zu glauben, wir könnten das Erdsystem bei jedem beliebigen Temperaturanstieg – sagen wir 2 °C – „parken“ und erwarten, dass es dort bleibt.<sup>32</sup> 2 °C sind womöglich kein Garant für die Stabilität des Systems.
- Der ehemalige NASA-Klimachef Prof. James Hansen sagte, dass es „von der wissenschaftlichen Gemeinschaft gut verstanden wird“, dass Ziele, die vom Menschen verursachte Erderwärmung auf 2 °C zu begrenzen, „eine Garantie für Katastrophen“ sind.<sup>33</sup>

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

**Die Welt ist auf dem besten Weg zur Erderwärmung um 3 bis 5 °C bis 2100**

#9

## Wir steuern auf eine Erderwärmung zu, die unvereinbar ist mit einer organisierten globalen Gemeinschaft

- Die globalen Temperaturen sind auf dem besten Weg, sich bis 2100 um 3 bis 5 °C zu erhöhen.<sup>34</sup>
- Der Temperaturanstieg folgt immer noch dem emissionsintensiven RCP8.5-Pfad. RCP8.5 entspricht bis zur Mitte des Jahrhunderts auch am besten den aktuellen und erklärten politischen Strategien.<sup>35</sup>
- Prof. Kevin Anderson sagt, dass „eine 4-Grad-Zukunft unvereinbar ist mit einer organisierten globalen Gemeinschaft, dass sie wahrscheinlich jenseits dessen liegt, woran wir uns anpassen können, dass sie für die Mehrheit der Ökosysteme verheerend ist und dass sie mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht stabil sein wird“.<sup>36</sup>
- Prof. Johan Rockström sagt, dass es bei 4 °C „schwer vorstellbar ist, wie wir acht Milliarden Menschen oder vielleicht auch nur die Hälfte davon versorgen könnten“.<sup>37</sup>

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

**2 °C können ein „Treibhaus-Erde“-Szenario („hothouse earth“) mit sich selbst verstärkender Erderwärmung auslösen**

#**10**

**Wir sind dem dramatischen Klimawandel gefährlich nahe, der sich unserer Kontrolle entziehen könnte**

- Das „Treibhaus-Erde“-Szenario ist ein Szenario, bei dem die Rückkopplungen des Klimasystems und ihre gegenseitige Wechselwirkung das Klima des Erdsystems an einen Punkt ohne Wiederkehr treiben, an dem eine weitere Erderwärmung sich selbst trägt (d.h. auch ohne weitere menschliche Einflüsse).<sup>38</sup>
- Dieser planetare Schwellenwert könnte bereits bei einem Temperaturanstieg von nur 2 °C vorliegen, möglicherweise sogar im Bereich zwischen 1,5 °C und 2 °C.<sup>39</sup>
- Entsprechend warnte Prof. James Hansen 2007 davor: „Die jüngsten Treibhausgasemissionen bringen die Erde in gefährliche Nähe zu einem dramatischen Klimawandel, der sich unserer Kontrolle entziehen könnte“.<sup>40</sup>
- Der Artikel *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene* (Trajektorien des Erdsystems im Anthropozän, bekannt als der „Treibhaus-Erde“-Artikel) wurde als der einflussreichste Forschungsartikel zum Thema Klima im Jahr 2018 eingestuft.<sup>41</sup>

## DIE AKTUELLEN AUSWIRKUNGEN

# 3 °C Erderwärmung wären katastrophal

# #11

## Bei der derzeitigen Konzentration der Treibhausgase wird der Meeresspiegel letztendlich um mehrere zehn Meter ansteigen

- Bei einer Erderwärmung um 3 °C würde die Nahrungsmittelproduktion nicht mehr ausreichen, um die Weltbevölkerung zu ernähren, da die Ernteerträge im weltweiten Durchschnitt um ein Fünftel zurückgingen, der Nährstoffgehalt der Feldfrüchte abnähme, die Insektenpopulationen katastrophal zurückgingen, es zu Wüstenbildung, Monsunausfällen und chronischem Wassermangel käme.<sup>42</sup>
- 3 °C wären „katastrophal“ für die Lebensgrundlage der ärmsten drei Milliarden Menschen auf der Welt, bei denen es sich überwiegend um sich selbst versorgende Bauern handelt, deren Lebensgrundlage durch eine ein- bis fünfjährige Megadürre, Hitzewellen oder schwere Überschwemmungen stark beeinträchtigt, wenn nicht gar zerstört würde.<sup>43</sup>
- Der Meeresspiegel würde schließlich um mehrere zehn Meter ansteigen: „Selbst wenn wir heute alle CO<sub>2</sub>-Emissionen stoppen und das Niveau auf dem heutigen Stand stabilisieren würden, würde der Meeresspiegel aufgrund natürlicher Zusammenhänge weiter auf etwa 25 Meter ansteigen“.<sup>44</sup>

## CLIMATE IMPACTS

# Die Klimageschichte gibt einen Ausblick auf unsere heiße Zukunft

#  
**12**

## Das letzte Mal, als die Erde das derzeitige Niveau von Treibhausgasen aufwies, gab es Wald in der Antarktis

- Während des Pliozäns vor 3 bis 5 Millionen Jahren, als der CO<sub>2</sub>-Gehalt ähnlich hoch war wie heute, waren die Temperaturen 2 bis 4 °C höher als in vorindustrieller Zeit und der Meeresspiegel 20 bis 25 Meter höher.<sup>45</sup>
- „Das deutet darauf hin, dass es kein grönländisches Eisschild mehr [gab], kein westantarktisches Eisschild und große Teile des ostantarktischen [Eisschildes] abgetragen waren.“<sup>46</sup>
- Während des Pliozäns gab es am Südpol Bäume. „Ich nenne sie die letzten Wälder der Antarktis. Sie wuchsen bei 400 ppm CO<sub>2</sub>, so dass dies vielleicht der Zustand ist, zu dem wir zurückkehren werden, mit zeitweise schmelzenden Eisschilden, die es den Pflanzen erlauben könnten, sich wieder anzusiedeln“, sagt Jane Francis, die Geschäftsführerin des British Antarctic Survey.<sup>47</sup>



Grafik 4

# Alarm schlagen

Hinweise darauf, dass in den letzten zehn Jahren Kipp-Punkte erreicht wurden. Außerdem werden Domino-Effekte befürchtet.

- A Amazonas-Regenwald: häufige Dürreperioden
- B Arktisches Meereis: Verringerung der Fläche
- C Verlangsamung der atlantischen Zirkulation seit den 1950er Jahren
- D Boreale Waldbrände und Veränderungen bei den Schädlingen im Wald
- E Korallenriffe: großflächiges Absterben
- F Grönländisches Eisschild: Eisverlust beschleunigt sich
- G Auftauen des Permafrosts
- H Westantarktischer Eisschild: Eisverlust beschleunigt sich
- I Wilkes-Becken: Eisverlust in der Ostantarktis beschleunigt sich

- Kipp-Punkt
- Verknüpfung

Quelle: PNAS 105:1786-1793

# DIE GRÖSSTEN RISIKEN

Dringlichkeit  
verstehen

Die Krise zu verhindern erfordert eine strategische Koordination auf der Systemebene...  
Wegen der Nichtlinearität der Corona-Pandemie und des Klimawandels reicht es nicht aus, Möglichkeiten zur Anpassung an diese Krisen zu schaffen. Nur dann, wenn das Unbeherrschbare vermieden wird, besteht die Chance, das System zu stabilisieren.

KIRA VINKE, SABINE GABRYSCH, EMANUELA PAOLETTI  
JOHAN ROCKSTRÖM UND HANS JOACHIM SCHELLNHUBER  
CORONA & THE CLIMATE: A COMPARISON OF TWO EMERGENCIES

## DIE GRÖSSTEN RISIKEN

# Die Risiken bedrohen unsere Existenz

# #13

## Wir befinden uns in einer planetaren Krise: Das Risiko und die Dringlichkeit sind akut

- 2019 schlugen Wissenschaftler eine Formel vor, um das Ausmaß der Krise zu charakterisieren.<sup>48</sup> Im Allgemeinen wird das Risiko als der potenzielle Schaden multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit betrachtet, aber in dieser Gleichung wird ein weiteres Element hinzugefügt, das als Dringlichkeit bezeichnet wird. Das ist das Verhältnis zwischen:
  - der Reaktionszeit „ $\tau$ “, d.h. wie lange es dauert, um ein Problem zu lösen, und
  - der Interventionszeit „ $T$ “, d.h. der Zeit, die man tatsächlich hat, bevor es zu spät ist.<sup>49</sup>
- Denken Sie an die Titanic: „Wenn die Reaktionszeit länger ist als die verbleibende Interventionszeit, also  $\tau / T > 1$ , dann haben wir die Kontrolle verloren.“
- „Allein die Hinweise auf das Überschreiten von Kipp-Punkten deuten darauf hin, dass wir uns in einem planetaren Ausnahmezustand befinden: Sowohl das Risiko als auch die Dringlichkeit der Situation sind akut... Wenn zerstörerische Kipp-Kaskaden auftreten können und ein globaler Kipp-Punkt nicht mehr ausgeschlossen werden kann, dann ist dies eine existenzielle Bedrohung für die Zivilisation.“<sup>50</sup>

Das Risiko ( $R$ ) ist der Schaden ( $D$ )  
multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit ( $p$ ).

$$\text{Ausmaß der Krise (E)} = R (\text{Risiko}) \times U (\text{Dringlichkeit}) = (p \times D) \times (\tau / T)$$

Dringlichkeit ( $U$ ) in Krisensituationen ist die Reaktionszeit  
– die Zeit, die benötigt wird, um das Problem zu lösen ( $\tau$ ) –  
geteilt durch die tatsächlich verbleibende Interventionszeit,  
um ein schlechtes Ergebnis abzuwenden ( $T$ ).

## DIE GRÖSSTEN RISIKEN

# Auch für die Natur sind die Risiken existenziell

# #14

## Wir stehen vor dem sechsten Massenaussterben in der Geschichte der Erde

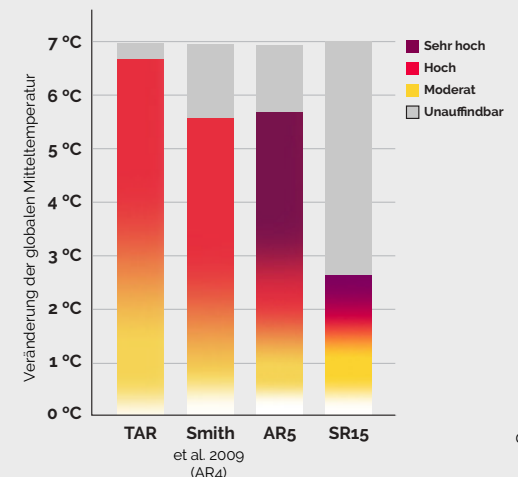
- Die Geschwindigkeit der Veränderungen ist entscheidend. Viele Ökosysteme (z.B. Arktis, Korallen, trockene Subtropen) haben sich innerhalb eines Jahrhunderts nicht an eine Veränderung von 1 °C (0,1 °C pro Dekade) angepasst.
- Die Erderwärmung für das Jahrzehnt 2010 bis 2019 betrug >0,25 °C und wird in den nächsten zwei bis drei Jahrzehnten voraussichtlich noch höher ausfallen (#2).
- Wir erleben gerade den Beginn des sechsten Massen-Aussterbens in der Erdgeschichte.<sup>51</sup>
- Bei einer Erderwärmung um 3,5 °C bis 2100 (Rate von 0,3 °C pro Dekade) können sich nur 30 % aller betroffenen Ökosysteme und nur 17 % aller betroffenen Wälder anpassen.<sup>52</sup> Häufig vorkommende Baumarten können sich nicht auf

natürliche Weise auf >2 °C pro Jahrhundert durch eine Verschiebung ihrer Verbreitungsgebiete in Richtung der Pole anpassen.

- Das Burning-Embers-Diagramm aus dem IPCC-Sonderbericht SR15 zeigt für einzigartige und bedrohte Ökosysteme ein „sehr hohes Risiko“ mit begrenzter Fähigkeit, sich an 2 °C Erderwärmung anzupassen (Grafik 5).

Grafik 5

### Einzige & bedrohte Ökosysteme



Current Opinion in Envir. Sust.  
(2017) 26–27: 134–142

## DIE GRÖSSTEN RISIKEN

# Vernünftiges Risikomanagement erfordert besondere Aufmerksamkeit für die Risiken mit besonders großen Auswirkungen

# #15

## Vorsichtsmaßnahmen sind notwendig, um existenzgefährdende Folgen zu verhindern

- Ein Notfall liegt vor, wenn sich die Welt einer globalen Kaskade von Kipp-Punkten nähert, die zu einem „Treibhaus-Erde“-Klimazustand führt: „Kaskadeneffekte könnten verbreitet auftreten... es zeichnen sich erste Beispiele ab.“<sup>53</sup>
- Der Klimawandel ist ein existenzielles Risiko für die menschliche Zivilisation (bezogen auf die heutige Gesellschaft).<sup>54</sup>
- Dies erfordert besondere Vorsorgemaßnahmen, die über das übliche Vorgehen beim Risikomanagement hinausgehen, wenn mit der erhöhten Wahrscheinlichkeit von „fat-tail“-Risiken (Risiken mit besonders großen Auswirkungen) angemessen umgegangen werden soll.
- Eine Berechnung von Wahrscheinlichkeiten macht in den kritischsten Fällen wenig Sinn. Vielmehr sollten wir die sehr großen Klimaauswirkungen, die „fat-tail“-Risiken, identifizieren und uns auf sie konzentrieren.<sup>55</sup>
- Und dann Gegenmaßnahmen ergreifen, um ihr Auftreten zu verhindern.

## Grundlegende Fragen, die wir uns über das Risiko stellen müssen:

Wie nahe sind wir davor, die Kontrolle zu verlieren? Gibt es eine nicht unerhebliche Wahrscheinlichkeit dafür, dass wir „bereits die Kontrolle darüber verloren haben könnten, ob ein Kippen stattfindet“<sup>56</sup>, dass die zur Lösung des Problems erforderliche Reaktionszeit ( $\tau$ ) größer ist als die tatsächlich verbleibende Interventionszeit, um ein böses Ende zu vermeiden ( $T$ )?

Wie groß ist dieses Krisenrisiko bzw. das Risiko des Untergangs?

Kann die Reaktionszeit, die nötig ist, um das Problem zu lösen und die Lösungsansätze anzuwenden, z.B. von 2050 auf 2030 reduziert werden? Wie könnte dies erreicht werden?

Kann die zur Vermeidung einer Katastrophe verfügbare Interventionszeit verlängert werden? Wie kann das Tempo der Erderwärmung verlangsamt und die Erde gekühlt werden?

# DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

## Schlüssel-Reaktionen zum Schutz

**Wir befinden uns buchstäblich in einer Klimakrise, und... Wir hören immer öfter, dass dies der Kampf unseres Lebens ist.**

**PATRICIA ESPINOSA**  
**GENRALSEKRETÄRIN UNFCCC**



## DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

# Null Emissionen im Krisen-Tempo: 2030 – nicht 2050 – ist der entscheidende Zeitrahmen

# #16

## Langfristige Ziele sind nur ein Vorwand für Zögern

- Es ist bereits zu heiß (#6), und wir sind dem „Treibhaus-Erde“-Szenario gefährlich nahe (#10), wobei die *derzeitigen* Treibhausgaskonzentrationen ausreichen könnten, um längerfristig eine Erderwärmung von 2 bis 4 °C zu verursachen (#12).
- Die Hauptaufgabe besteht darin, Kapazitäten aufzubauen, um Emissionen mit Krisen-Geschwindigkeit und in großem Maßstab zu beseitigen und die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Erderwärmung zu minimieren.
- Eine Mobilisierung für Null-Emissionen bis 2030 ist entscheidend.
- Ein Zeitrahmen bis 2050 wird katastrophale Folgen nicht verhindern.
- Langfristigere Ziele sind dagegen nur Vorwand für ein Zögern. Dies kennzeichnet die Geschichte der internationalen Klimapolitik.

## DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

**Die Erde ist bereits zu heiß: Die Reduzierung des Kohlenstoffeinsatzes in großem Maßstab ist lebenswichtig**

#17

## Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entfernen, kann eine überhitzte Erde kühlen

- Eine Stabilisierung auf den gegenwärtigen Zustand des Klimas würde eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Gehalts um 60 ppm zurück auf ~350 ppm erfordern, um eine weitere Erderwärmung um ~0,7 °C zu stoppen. Eine Verringerung der gegenwärtigen Erderwärmung würde eine weitere Absenkung erfordern.<sup>57</sup>
- CO<sub>2</sub> kann der Atmosphäre durch natürliche Kreisläufe auf dem Land, z.B. durch Wiederaufforstung, und in den Ozeanen, durch Gesteinsverwitterung und durch Speicherung im Boden entzogen werden.<sup>58</sup>
- Diese Prozesse können intensiviert werden, und neue Technologien werden derzeit entwickelt. Forschung und Einsatz in großem Maßstab sind von entscheidender Bedeutung.
- Diese Absenkung ist ein langsamer Prozess, der erst dann für eine aktive Kühlung sorgt, wenn das Niveau der Absenkung über dem der Emissionen liegt.
- Wir sollten uns davor hüten, uns auf Behauptungen zu verlassen, dass in ferner Zukunft Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS) ein Allheilmittel ist.<sup>59</sup>



## DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

# Ein sicheres Mittel zur sofortigen Kühlung ist entscheidend für den Schutz von Mensch und Natur

# #18

## Der Schaden ist gefährlich – und wird noch gefährlicher werden –, bevor langfristige Lösungen wirksam werden

- Die Erderwärmung ist bereits jetzt gefährlich und wird auf dem derzeitigen Pfad wahrscheinlich 1,5 °C bis 2030 (#2), 2 °C vor 2050 (#5) und 3 bis 5 °C bis 2100 erreichen (#9).
- Dies wird weitere große Kipp-Punkte des Systems auslösen und bringt inakzeptable Risiken eines „Treibhaus-Erde“-Szenarios mit sich (#10).
- Klimaschutz ist lebenswichtig, wird aber aufgrund des gleichzeitigen Aerosolverlustes bis Mitte der 2040er-Jahre keinen merklichen positiven Einfluss auf die Temperaturentwicklung haben (#3).
- Diese Verzögerung der Auswirkungen des Klimaschutzes kann weitere erhebliche physikalische Kipp-Punkte auslösen.

## Kann eine starke, sofortige Abkühlung einen Netto-Nutzen für Umwelt und Gesellschaft haben?

- Null-Emissionen, selbst in einem Jahrzehnt, gepaart mit Kohlenstoffabtrennung aus der Atmosphäre im großen Maßstab, reichen nicht aus, um das existenzielle Risiko zu beseitigen (#13).
- Das Management der Sonneneinstrahlung (solar radiation management, SRM), wie z.B. der Einsatz von kühlenden Aerosolen in der oberen Atmosphäre, kann einen starken, sofortigen Kühleffekt haben.
- Es gibt derzeit keine Belege dafür, dass SRM einen Netto-Nutzen für die Umwelt und die Gesellschaft hätte, aber wenn der Nachweis erbracht wird, kann es als eine vorübergehende Kühlmaßnahme betrachtet werden, bis länger wirkende Lösungen eingesetzt werden und Wirkung zeigen.<sup>60</sup>
- Es gibt Probleme bei der globalen politischen Steuerung von SRM und Risiken, die es zu bewältigen gilt, um den einseitigen Einsatz durch nationale Akteure sowie Missbrauch zu verhindern.<sup>61</sup>

## DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

# Anpassungsmaßnahmen sollten die Schwächsten schützen

# #19

## Anpassung ist lebenswichtig, aber kein Ersatz für tiefgreifenden Klimaschutz

- Anpassung sollte als eine parallele Strategie zur Abschwächung gesehen werden, um mit unvermeidbaren Auswirkungen und Risiken umzugehen.
- Sie ist kein Ersatz für tiefgreifenden Klimaschutz und die Wiederherstellung des Klimas, da es den meisten Menschen und der Natur nicht möglich ist, sich an die 3 bis 5 °C Erderwärmung in diesem Jahrhundert anzupassen (#9 und #11).
- Es besteht die Gefahr der „Anpassungsfalle“, bei der die meisten Anstrengungen zur Anpassung unternommen werden, während das Versagen beim angemessenen Klimaschutz zu einer „Treibhaus-Erde“ führt.
- Bei der Anpassung sollten Maßnahmen zum Schutz der am stärksten gefährdeten menschlichen Bevölkerungsgruppen und der Natur Vorrang haben.
- Wir sollten die Kapazitäten und Fähigkeiten stärken, die die Menschen benötigen, um der Klimazerstörung mit Ehrlichkeit, Mut und Mitgefühl zu begegnen.

## DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

**Der Zusammenbruch der Zivilisation ist nicht unvermeidbar, aber Maßnahmen auf Krisen-Niveau sind gerade jetzt entscheidend**

#  
**20**

**Eine der Krise angemessene Reaktion würde das Klima zur obersten Priorität von Politik und Wirtschaft machen**

- Viele Systeme von uns Menschen und der Erde werden zunehmend fragiler.
- Das Ende der Zivilisation aufgrund von Klimazerstörungen – der allgemeine Zusammenbruch der gegenwärtigen Gesellschaften – ist nicht sicher oder unvermeidbar.
- Aber es ist wahrscheinlich, es sei denn, es werden drastische globale Maßnahmen ergriffen, um das Klima im Rahmen einer Krisenreaktion zur obersten Priorität von Wirtschaft und Politik zu machen.
- Aber Verwerfungen großen Ausmaßes sind unvermeidlich, entweder weil nicht schnell genug gehandelt wird oder weil der Umfang der jetzt erforderlichen Maßnahmen weit über einen Ansatz der kleinen Schritte hinausgeht.
- Kurzfristiges Handeln ist entscheidend: Es kommt darauf an, was wir jetzt und vor 2030 tun, und nicht auf die Ziele für 2050.

# ZUSAMMENFASSUNG

## Übersicht & Kernpunkte

### WESENTLICHE AUSWIRKUNGEN

- 1,5 °C werden um oder vor 2030 erreicht, unabhängig von den in der Zwischenzeit ergriffenen Maßnahmen, und ein Jahrzehnt vor den IPCC-Projektionen.
- 2 °C ist vor 2050 wahrscheinlich, selbst bei Maßnahmen, die über die derzeitigen Verpflichtungen aus dem *Pariser Abkommen* hinausgehen, 3 °C in der frühen bis mittleren zweiten Hälfte des Jahrhunderts auf dem derzeitigen Emissionspfad und 5 °C sind vor 2100 möglich.
- Selbst erhebliche Emissionsminderungen werden aufgrund der ausgleichenden Wirkung von Aerosolen in den nächsten 20 bis 25 Jahren keinen signifikanten Einfluss auf den Trend der Erderwärmung haben.
- Die derzeitige Erderwärmung von 1,2 °C ist bereits gefährlich, 2 °C wären extrem gefährlich, 3 °C katastrophal und bei 4 °C wäre die Erde für meisten Menschen unbewohnbar.
- Ein „Treibhaus Erde“, also eine nichtlineare, irreversible, sich selbst erhaltende weitere Erwärmung kann zwischen 1,5 und 2 °C ausgelöst werden. Es besteht die Gefahr, dass wir bereits die Chance verpasst haben, eine beschleunigte Erderwärmung zu verhindern.

### REAKTIONEN UND MASSNAHMEN

Gesellschaften, die die Bedrohung durch die Covid-Pandemie erfolgreich überwinden, tun dies, indem sie Erkenntnisse der besten verfügbaren Wissenschaft akzeptieren und darauf aufbauend dieser Bedrohung höchste Priorität in Politik und Wirtschaft einräumen. Das Klima ist eine viel größere Bedrohung, die den gleichen Ansatz erfordert.

- Bewerten Sie die tatsächlichen Risiken mit brutaler, unerbittlicher Ehrlichkeit.
- Erkennen Sie an, dass Klimaveränderungen eine planvolle Krisenreaktion erfordern.
- Schnelles Handeln für Null-Emissionen bis 2030.
- Kapazitäten aufbauen, um Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu entfernen.
- Verstehen, welche Rolle das Sonneneinstrahlungs-Management spielen kann.
- Der Schlüssel zum Schutz von Mensch, Gesellschaft und Natur besteht darin, Maßnahmen gegen die Klimazerstörung zur obersten Regierungs-Priorität zu machen.

# FUSSNOTEN

## Quellen & Referenzen

1

NASA Global Land-ocean Temperature Index Dataset (1951-2020). ([https://data.giss.nasa.gov/gistemp/taledata\\_v4/GLB.Ts+dSST.txt](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/taledata_v4/GLB.Ts+dSST.txt))

2

Basierend auf dem 5-Jahres-Durchschnitt für die zweite Hälfte jedes Jahrzehnts, basierend auf dem NASA-Datensatz: 2005 bis 2009 (über 1880 bis 1909) 0,89 °C; 2015 bis 2019 1,16 °C.

3

Xu, Y, Ramanathan V & Victor, DG 2018, 'Global warming will happen faster than we think', Nature, Vol. 564, pp. 30-32. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07586-5>; Tebaldi, C et al, 2020, 'Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6', Earth System Dynamics, 16. September, Preprint. <http://esd.copernicus.org/preprints/esd-2020-68/>

4

Jacob, D et al 2020, 'Climate impacts in Europe under +1.5°C global warming', Earth's Future, Vol. 6, pp. 264-285. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017EF000710>; Xu, Y, Ramanathan V & Victor DG 2018, 'Global warming will happen faster than we think', Nature, 5. Dezember. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07586-5>; Henley, BJ & King, AD 2017, 'Trajectories toward the 1.5°C Paris target: Modulation by the Interdecadal Pacific Oscillation', Geophysical Research Letters, Vol. 44, pp. 4256-4262. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017GL073480>

5

Tebaldi, C et al, 2020, 'Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6', Earth System Dynamics, 16 September, Preprint. <http://esd.copernicus.org/preprints/esd-2020-68/>

6

Xu, Y, Ramanathan V & Victor, DG 2018, 'Global warming will happen faster than we think', Nature, Vol. 564, pp. 30-32. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07586-5>

7

Xu, Y, Ramanathan V & Victor, DG 2018, 'Global warming will happen faster than we think', Nature, Vol. 564, pp. 30-32. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07586-5>

8

Berwyn, B 2020, 'New study shows a vicious circle of climate change building on thickening layers of warm ocean water', Inside Climate News, 28. September. <https://insideclimatenews.org/news/28092020/ocean-stratification-climate-change>

9

Samset, BH et al, 2018, 'Climate impacts from a removal of anthropogenic aerosol emissions', Geophysical Research Letters, Vol. 45, pp. 1020-1029. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017GL076079>

10

Hansen, J, Kharecha, P & Sato, M 2013, 'Climate forcing growth rates: Doubling down on our Faustian bargain', Environmental Research Letters, Vol. 8, pp. 1-9. [https://www.researchgate.net/publication/258310238\\_Climate\\_forcing\\_growth\\_rates\\_Doubling\\_down\\_on\\_our\\_Faustian\\_bargain](https://www.researchgate.net/publication/258310238_Climate_forcing_growth_rates_Doubling_down_on_our_Faustian_bargain)

11

Samset, BH, Fuglestad, JS & Lund, MT 2020, 'Delayed emergence of a global temperature response after emission mitigation', Nature Communications, Vol. 11, pp. 3261. [www.nature.com/articles/s41467-020-17001-1](http://www.nature.com/articles/s41467-020-17001-1)

12

von Schuckmann, K et al, 2020, 'Heat stored in the Earth system: where does the energy go?', Earth System Science Data, Vol. 12, pp. 2013-2041. <http://essd.copernicus.org/articles/12/2013/2020/essd-12-2013-2020-discussion.html>

13

CO<sub>2</sub>e – oder Kohlendioxidäquivalent – ist eine Abschätzung der Wirkung der gut durchmischten Treibhausgase, einschließlich Methan und Distickstoffoxid, gemessen als Kohlendioxidäquivalent, in Teilen pro einer Million (ppm).

14

Basierend auf  $\Delta T = ECS \cdot \log(CO_2 / 280)$ , wobei ECS die Klimasensitivität und CO<sub>2</sub>t die Summe gut durchmischter Treibhausgase in Teilen pro Million ist.

15

Spratt, D 2015, Recount: It's time to do the math again, Breakthrough, Melbourne. [https://docs.wixstatic.com/ugd/148cb0\\_bb2e61584dbb403e8e33fd65b1c48e30.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/148cb0_bb2e61584dbb403e8e33fd65b1c48e30.pdf)

16

Tebaldi, C et al, 2020, 'Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6', Earth System Dynamics, 16. September, Preprint. <http://esd.copernicus.org/preprints/esd-2020-68/>

17

Grafik mit freundlicher Genehmigung von Glen Peters, basierend auf Daten von GCP und CDIAC.

18

Hansen, J et al, 2008, 'Target atmospheric CO<sub>2</sub>: Where should humanity aim?' Open Atmospheric Science Journal, Vol. 2, pp. 217-231. <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha00410c.html>; Palaeosens Project Members 2012, 'Making sense of palaeoclimate sensitivity', Nature, Vol. 491, pp. 683-691. <https://www.nature.com/articles/nature11574>

19

Brown, PT & Caldeira, K 2017, 'Greater future global warming inferred from Earth's recent energy budget', Nature, Vol. 552, pp. 45-50. <https://www.nature.com/articles/nature24672>

20

Pistone, K, Eisenman, I & Ramanathan, V 2019, 'Radiative heating of an ice-free Arctic Ocean', Geophysical Research Letters, Vol. 46, pp. 7474-7480. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019GL082914>; Monroe, R & IGSD 2019, 'Research Highlight: Loss Of Arctic's Reflective Sea Ice Will Advance Global Warming By 25 Years', Scripps Institution of Oceanography, San Diego. <https://scripps.ucsd.edu/news/research-highlight-loss-arctics-reflective-sea-ice-will-advance-global-warming-25-years>

21

King, AD, Karoly, DJ & Henley, DJ 2017, 'Australian climate extremes at 1.5 °C and 2 °C of global warming', Nature Climate Change, Vol. 7, pp. 412-416. <https://www.nature.com/articles/nclimate3296>

22 Rignot, E 2014, 'Global warming: it's a point of no return in West Antarctica. What happens next?', The Guardian, 18. Mai. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2014/may/17/climate-change-antarctica-glaciers-melting-global-warming-nasa>

23 Beltran, C et al. 2020, 'Southern Ocean temperature records and ice-sheet models demonstrate rapid Antarctic ice sheet retreat under low atmospheric CO<sub>2</sub> during Marine Isotope Stage 31', Quaternary Science Reviews, Vol. 228, 15. Januar. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027379119306122>

24 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

25 Jansen, E et al. 2020, 'Past perspectives on the present era of abrupt Arctic climate change', Nature Climate Change, Vol. 10, pp. 714-721. <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0860-7>

26 Associated Press/ 2019, 'Cold War spy satellite images show Himalayan glaciers are melting fast', ABC News, 20. Juni. <https://www.abc.net.au/news/2019-06-20/cold-war-era-images-show-glaciers-are-melting-fast/11226838>; Naik, G 2015, 'Central Asia mountain range has lost a quarter of ice mass in 50 years, study says', The Wall Street Journal, 17. August. <https://www.wsj.com/articles/central-asia-mountain-range-has-lost-a-quarter-of-ice-mass-in-50-years-study-says-14398237300>

27 Lovejoy, TE & Nobre C 2018, 'Amazon tipping point', Science Advances, Vol. 4, eaat2340. <https://advances.sciencemag.org/content/4/2/eaat2340>

28 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

29 King, MD et al. 2020, 'Dynamic ice loss from the Greenland Ice Sheet driven by sustained glacier retreat', Communications Earth & Environment, Vol. 1, 1. <https://www.nature.com/articles/s43247-020-0001-2>

30 Robinson, A, Calov, R & Ganopolski, A 2012, 'Multistability and critical thresholds of the Greenland ice sheet', Nature Climate Change, Vol. 2, pp. 429-432. <https://www.nature.com/articles/nclimate1449>

31 Harvey, F 2020, 'Amazon near tipping point of switching from rainforest to savannah – study', The Guardian, 5. Oktober. <https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/05/amazon-near-tipping-point-of-switching-from-rainforest-to-savannah-study>

32 Readfearn, G 2018, 'Earth's climate monsters could be unleashed as temperatures rise', The Guardian, 6. Oktober. <https://www.theguardian.com/environment/planet-oz/2018/oct/06/earths-climate-monsters-could-be-unleashed-as-temperatures-rise>

33 Spratt, D 2011, 'Rethinking a "safe climate": have we already gone too far?', Climate Code Red, 23. Januar. [www.climatecoderead.org/2011/01/rethinking-safe-climate-have-we-already.html](http://www.climatecoderead.org/2011/01/rethinking-safe-climate-have-we-already.html)

34 Reuters, 2018, 'Global temperatures on track for 3-5 degree rise by 2100: UN', Reuters, 29. November. <https://www.reuters.com/article/us-climate-change-un-idUSKCN1NY186>

35 Schwalm, CR, Glendon, S & Duffy, PB 2020, 'RCP8.5 tracks cumulative CO<sub>2</sub> emissions', Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 117, pp. 19656-19657. <https://www.pnas.org/content/117/33/19656>

36 Roberts, D 2011, 'the brutal logic of climate change', Grist, 6. Dezember. <https://grist.org/climate-change/2011-12-05-the-brutal-logic-of-climate-change/>

37 Vince, G 2019, 'The heat is on over the climate crisis. Only radical measures will work', The Guardian, 19. Mai. <https://www.theguardian.com/environment/2019/may/18/climate-crisis-heat-is-on-global-heating-four-degrees-2100-change-way-we-live>

38 Steffen, W et al. 2018, 'Trajectories of the Earth System in the Anthropocene', Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 115, pp. 8252-8259. <https://www.pnas.org/content/115/33/8252>

39 Steffen, W et al. 2018, 'Trajectories of the Earth System in the Anthropocene', Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 115, pp. 8252-8259. <https://www.pnas.org/content/115/33/8252>

40 Hansen, J et al 2007, 'Climate change and trace gases', Phil. Trans. R. Soc. A, Vol. 365, pp. 1925-1954. <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rsta.2007.2052>

41 Potsdam Institute for Climate Impact Research 2019, 'Ranking: the climate papers most featured in online media', News, 12. Januar. <https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/ranking-the-climate-papers-most-featured-in-online-media>

42 Spratt, D & Dunlop, I 2019, 'The third degree: Evidence and implications for Australia of existential climate-related security risk', Breakthrough, Melbourne. [https://52a87f3e-7945-4bb1-abbf-gaa66cd4e93e.filesusr.com/ugd/148cb0\\_c65caa20ecb342568a9ga6b179995027.pdf](https://52a87f3e-7945-4bb1-abbf-gaa66cd4e93e.filesusr.com/ugd/148cb0_c65caa20ecb342568a9ga6b179995027.pdf)

43 Xu, Y & Ramanathan, V 2017, 'Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes', Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 114, pp. 10315-10323. <https://www.pnas.org/content/114/39/10315>

44 Rohling, E et al. 2009, 'Close relationship between past warming and sea-level rise', Science Daily, 7. Juli. <https://www.sciencedaily.com/releases/2009/06/090622103833.htm>

45 Burke, KD et al. 2018, 'Pliocene and Eocene provide best analogs for near-future climates', Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 115, pp. 13288-13293. <https://www.pnas.org/content/115/52/13288>; McClymont, EL et al. 2020, 'Lessons from a high-CO<sub>2</sub> world: an ocean view from ~3 million years ago', Climate of the Past, Vol. 16, pp. 1599-1615. <http://cp.copernicus.org/articles/16/1599/2020/cp-16-1599-2020.html>

46 Carrington, D 2019, 'Last time CO<sub>2</sub> levels were this high, there were trees at the South Pole', The Guardian, 3. April. <https://www.theguardian.com/science/2019/apr/03/south-pole-tree-fossils-indicate-impact-of-climate-change>

47 Carrington, D 2019, 'Last time CO<sub>2</sub> levels were this high, there were trees at the South Pole', The Guardian, 3. April. <https://www.theguardian.com/science/2019/apr/03/south-pole-tree-fossils-indicate-impact-of-climate-change>

48 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

49 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

50 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

51 Ceballos, G et al. 2015, 'Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction', Science Advances, Vol. 1, 19. Juni. <https://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>; Román-Palacios, C & Wiens, JJ 2020, 'Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival', Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 117, pp. 4211-4217. <https://www.pnas.org/content/117/8/4211>

52 Leemans, R & Eickhout, B 2004, 'Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change', Global Environmental Change, Vol. 14, pp. 219-228. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378004000391>

53 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

54 Schellnhuber, HJ 2018, 'Foreword', in Spratt, D & Dunlop, I, in What lies beneath: The understatement of existential climate risk, Breakthrough, Melbourne. <https://www.breakthroughonline.org.au/whatliesbeneath>

55 Spratt, D & Dunlop, I 2018, What lies beneath: The understatement of existential climate risk, Breakthrough, Melbourne. <https://www.breakthroughonline.org.au/whatliesbeneath>

56 Lenton, TM et al. 2020, 'Climate tipping points — too risky to bet against', Nature, Vol. 575, pp. 592-595. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

57 von Schuckmann, K et al. 2020, 'Heat stored in the Earth system: where does the energy go?', Earth System Science Data, Vol. 12, pp. 2013-2041. <http://essd.copernicus.org/articles/12/2013/2020/essd-12-2013-2020-discussion.html>

58 Caldeira, K, Bala, G & Cao, L 2013, 'The science of geoengineering', Annual Review of Earth and Planetary Sciences, vol. 41, pp. 231-256. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-earth-042711-105548>

Cowie, A et al. 2020, 'The Morrison government wants to suck CO<sub>2</sub> out of the atmosphere. Here are 7 ways to do it', The Conversation, 21. September. <https://theconversation.com/the-morrison-government-wants-to-suck-co-out-of-the-atmosphere-here-are-7-ways-to-do-it-144941>

59 Anderson, K & Peters, G 2016, 'The trouble with negative emissions', Science, Vol. 354, pp. 182-183. <https://science.sciencemag.org/content/354/6309/182.full>

60 Boettcher, M & Schäfer, S 2017, 'Reflecting upon 10 years of geoengineering research: Introduction to the Crutzen +10 special issue', Earth's Future, Vol. 5, pp. 266-277. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016EF000521>

61 Talberg, A et al. 2018, 'Geoengineering governance-by-default: an earth system governance perspective', International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, Vol. 18, pp. 229-253. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10784-017-9374-9>

